

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-251739

(43)公開日 平成9年(1997)9月22日

(51) Int.Cl.⁸

G 1 1 B 21/10

識別記号

庁内整理番号

F I

G 1 1 B 21/10

技術表示箇所

N

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平8-61373

(22)出願日 平成8年(1996)3月18日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 高倉 晋司

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

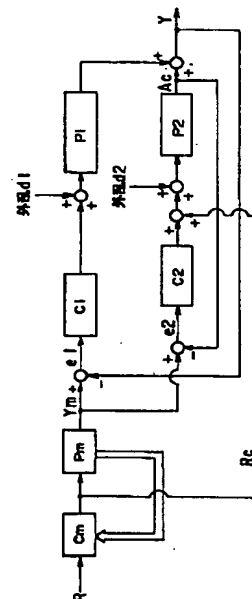
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 位置決め制御システム及びそのシステムを適用するシーク制御装置

(57) 【要約】

【課題】2自由度機構を使用した位置決め制御系により、特にシーク制御の高速化と高精度化を実現することにある。

【解決手段】粗動側アクチュエータの制御系と微動側アクチュエータの制御系とを組み合わせた２自由度機構の制御系により、目標位置を入力とする所定の規範モデルの出力 Y_m に追従させるように制御する。規範モデルの出力 Y_m を粗動側アクチュエータと微動側アクチュエータの両方に入力し、粗動側アクチュエータで規範モデルの出力に追従できない誤差分を、微動側アクチュエータにより吸収させるように制御するようにした制御系である。粗動側アクチュエータの制御系は粗動制御器 C_2 と VCM 等のアクチュエータ P_2 からなる。微動側アクチュエータの制御系は微動制御器 C_1 と圧電素子を使用したアクチュエータ P_1 からなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 粗動側アクチュエータと微動側アクチュエータとを組み合わせた2自由度機構を使用し、目標位置を入力とする所定の規範モデルの出力に追従させるように制御する位置決め制御システムであって、前記規範モデルの出力を前記粗動側アクチュエータと前記微動側アクチュエータの両方に入力する手段と、シーク系において、前記粗動側アクチュエータで前記規範モデルの出力に追従できない誤差分を、前記微動側アクチュエータにより吸収させるように制御する手段とを具備したことを特徴とする位置決め制御システム。

【請求項2】 粗動側アクチュエータと微動側アクチュエータとを組み合わせた2自由度機構を使用し、目標位置を入力とする所定の規範モデルの出力に追従させるように制御する位置決め制御システムであって、前記規範モデルの出力を前記粗動側アクチュエータと前記微動側アクチュエータの両方に入力する手段と、前記粗動側アクチュエータの現在位置と前記規範モデルの出力との誤差を前記粗動側アクチュエータの制御系に入力する手段と、前記微動側アクチュエータと前記粗動側アクチュエータとにより調整された現在位置と前記規範モデルの出力との誤差を微動側アクチュエータの制御系に入力する手段とを具備し、相対的に制御帯域の広い前記微動側アクチュエータにより、現在位置と前記規範モデルの出力との誤差を吸収させるように構成されたことを特徴とする位置決め制御システム。

【請求項3】 粗動側アクチュエータと微動側アクチュエータとを組み合わせた2自由度機構を使用し、目標位置を入力とする所定の規範モデルの出力に追従させるように制御する位置決め制御システムを適用するディスク記録再生装置のシーク制御装置であって、前記粗動側アクチュエータに相当し、モータの駆動力によりヘッドを目標位置まで移動させるためのヘッドアクチュエータと、前記微動側アクチュエータに相当し、前記ヘッドアクチュエータを微動させる駆動手段と、前記ヘッドの目標位置を前記ヘッドアクチュエータの制御手段と前記駆動手段の制御手段の両方に入力させる手段と、前記駆動手段と前記ヘッドアクチュエータとにより調整された前記ヘッドの現在位置と前記目標位置との誤差を前記駆動手段の制御手段に入力する手段とを具備し、相対的に制御帯域の広い前記駆動手段により、前記ヘッドの現在位置と目標位置との誤差を吸収させるように構成されたことを特徴とするシーク制御装置。

【請求項4】 粗動側アクチュエータと微動側アクチュエータとを組み合わせた2自由度機構を使用し、目標位置を入力とする所定の規範モデルの出力に追従させるよ

うに制御する位置決め制御システムであって、前記規範モデルの出力を前記粗動側アクチュエータと前記微動側アクチュエータの両方に入力する手段と、前記規範モデルに与える制御入力を前記粗動側アクチュエータの制御入力に加える制御系とを具備したことを特徴とする位置決め制御システム。

【請求項5】 前記規範モデルの出力と前記粗動側アクチュエータの現在位置との誤差が、前記微動側アクチュエータの可動範囲に収まっていることを特徴とする請求項4記載の位置決め制御システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、いわゆる2自由度機構を使用した目標位置に対する送り制御を行なうためのシステムであり、特に磁気ディスク装置等のシーク制御装置および磁気ディスク装置等の製造装置に適用できる位置決め制御システムに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置(HDD)や光ディスク装置等の記録再生装置では、記憶容量の大容量化に伴って高記録密度化が要求されている。これに伴って、各装置を製造するために必要な各種製造装置において、特に記録再生の精度を左右する位置決め制御に関して高精度化が要求されている。

【0003】具体的には、HDDでは、ヘッドをディスク上の指定位置に位置決め制御するためにサーボ情報がディスク上に記録されているが、このサーボ情報を書き込むためのサーボライタと称するサーボ情報書き込み装置が使用される。また、光ディスク装置の分野では、ディスクの原盤を製造する装置がある。いずれの装置においても、ナノオーダーの位置決め精度が要求されるようになってきている。

【0004】このような高精度の位置決め制御を達成する技術として、近年では2自由度機構を使用した位置決め制御系が注目されている。この2自由度機構を使用した位置決め制御系は、粗動側アクチュエータと微動側アクチュエータとを組み合わせ、周波数分離制御を行なうことにより、高精度な位置決めを実現するシステムである。

【0005】この2自由度機構を使用した位置決め制御系の特徴としては、粗動側アクチュエータはダイナミックレンジを大きく取れるが、共振によってサーボ帯域を高くすることができないため、低周波領域の大きい外乱を抑制できるが、高い周波数の小さい外乱を抑制できない。このため、ダイナミックレンジは小さいが、サーボ帯域を高く取れる微動側のアクチュエータにより、高い周波数の小さい外乱を抑制することができる。

【0006】ところで、HDD等の位置決め制御系は、ヘッドを目標位置に位置決めするための狭義の位置決め制御と、ヘッドを目標位置まで移動制御するシーク制御

とに大別される。シーク制御はいわゆる送り制御に相当する内容であり、速度制御とも称する。シーク制御では、高速に目標位置まで移動させて、目標位置までの到達時間を短縮化させることが重要である。このようなシーク制御に対して、前記の2自由度機構を使用した位置決め制御系を適用することが考えられる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 前述したように、2自由度機構を使用した位置決め制御系を、特にHDD自体やサーボライタ等のシーク制御、即ちヘッドを目標位置まで移動制御するシステムに適用すれば、高速かつ高精度のシーク制御を実現できる可能性がある。本発明の目的は、2自由度機構を使用した位置決め制御系により、特にシーク制御または送り制御（速度制御）の高速化と高精度化を実現することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は、粗動側アクチュエータと微動側アクチュエータとを組み合わせた2自由度機構を使用し、目標位置を入力とする所定の規範モデルの出力に追従させるように制御する制御系であって、規範モデルの出力を前記粗動側アクチュエータと前記微動側アクチュエータの両方に入力し、粗動側アクチュエータで規範モデルの出力に追従できない誤差分を、微動側アクチュエータにより吸収させるように制御するようにした制御系である。

【0009】 規範モデルとは、例えばマイクロプロセッサの内部演算処理によるシミュレーションである。従って、マイクロプロセッサは、内部演算処理により得られた目標位置として、規範モデルの出力を粗動側アクチュエータと微動側アクチュエータに与える。粗動側アクチュエータの制御系は、現在位置と規範モデルとの誤差を入力し、その出力と規範モデルの制御出力とを加算したものを粗動側アクチュエータに対する制御出力として出力する。また、微動側アクチュエータの制御系は、現在位置と規範モデルとの誤差を入力する。

【0010】 このような構成の制御系により、粗動側アクチュエータの制御系は、規範モデルと実際の制御対象との誤差と制御系に加わる外乱を吸収するように作用する。そして、粗動側のアクチュエータの制御系により吸収できない規範モデル出力との誤差を、制御帯域の高い微動側アクチュエータの制御系により吸収する。この結果として、微動側アクチュエータ、大きく動かすことな

く、規範モデルの応答特性に一致する先端位置の応答波形を得ることができる。これにより、粗動側アクチュエータのセトリング時間よりも速く微動側アクチュエータのセトリングを完了させることができるため、粗動側アクチュエータのセトリングを待つことなく先端のセトリングを完了させることができる。

【0011】 換言すれば、2自由度機構を使用してシステムでは、粗動側アクチュエータの制御帯域が低いために、規範モデルとの誤差と外乱により、粗動側アクチュエータは、規範モデルの出力に追従することができない。そこで、制御帯域は広い微動側アクチュエータの制御により、その規範モデルとの誤差を吸収する。このような制御系を組むことにより、先端位置を規範モデルの出力に精度良く追従させながら目標位置に高速に移動させることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】 以下図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は本実施形態に係る位置決め制御システムをシーク制御系に適用した構成を示すブロック図であり、図4は2自由度機構を使用した制御系の原理を説明するためのブロック図であり、図8は2自由度機構を使用した位置決め制御システムのモデルを示す概念図である。

【0013】 本実施形態のシーク制御系の説明の前提として、図4と図8を参照して2自由度機構を使用した制御系の原理を簡単に説明する。図8に示すように、2自由度機構として粗動側の可動部（粗動側アクチュエータ）M1と微動側の可動部（微動側アクチュエータ）M2とを組み合わせた機構において、先端位置の動き（ y ）は、粗動側アクチュエータM1の動き（ y_1 ）と微動側アクチュエータM2の動きとを加えたものである。ここで、粗動側アクチュエータM1はボイスコイルモータ（VCM）を使用したりニアガイドのアクチュエータである。また、微動側アクチュエータM2は、例えば圧電素子（ピエゾ素子）を使用したアクチュエータである。

【0014】 このモデルの伝達関数マトリックスは、粗動側アクチュエータM1と微動側アクチュエータM2との質量比が十分に大きければ、下記の式（1）、（2）に示すようになる。

【0015】

【数1】

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = G(s) \begin{bmatrix} K_2 + C_2 s + M_2 s^2 & -M_2 s^2 \\ K_2 + C_2 s & K_1 + C_1 s + M_1 s^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

$$G(s) = \frac{1}{K_1 K_2 + (C_2 K_1 + C_1 K_2) s + (C_1 C_2 + K_2 M_1 + K_1 M_2 + K_2 M_2) s^2 + (C_2 M_1 + C_1 M_2 + C_2 M_2) s^3 + M_1 M_2 s^4}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{K_1 + C_1 s + M_1 s^2} & 0 \\ \frac{1}{K_1 + C_1 s + M_1 s^2} & \frac{1}{K_2 + C_2 s + M_2 s^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

【0016】この式(2)から前記のように、先端位置の動き(y2)は、粗動側アクチュエータM1の動き(y1)と微動側アクチュエータM2の動きとを加えたものであることが分かる。また、式(2)から互いの動きが干渉しあわないことが分かるので、粗動側アクチュエータM1と微動側アクチュエータM2との質量比が十分に大きいとした際には、それぞれの制御器を独立に設計することができる。

【0017】即ち、図4に示すような制御系を構成することができる。図4において、粗動側アクチュエータM1の制御系は、粗動制御器C2とVCM等のアクチュエータP2からなる。また、微動側アクチュエータM2の制御系は、微動制御器C1と圧電素子を使用したアクチュエータP1からなる。入力側には目標位置rが入力されて、出力側から先端位置yが出力される。ここで、図5(A)、(B)は粗動側アクチュエータM1の制御系のオープンループ特性をシミュレーションにより出力したときの一例である。また、図6(A)、(B)は微動側アクチュエータM2の制御系のオープンループ特性をシミュレーションにより出力したときの一例である。

【0018】これらの図5と図6から明らかなように、微動側アクチュエータM2の制御帯域は、粗動側アクチュエータM1の制御帯域に対して広くとることができる。これは、微動側アクチュエータM2としてダイナミックレンジは狭いが、高域まで共振のないものを用いるからである。

【0019】これらの制御系において、目標位置まで先端位置を移動させようとした際に、そのまま目標位置を制御系に与えると、微動側アクチュエータM2の制御帯域が粗動側アクチュエータM1の制御帯域よりも高いので、微動側アクチュエータM2の速い応答により先端位置を目標位置にまで移動させるようになってしまう。このような具体例を図7(A)～(C)に示す。図7

(A)は粗動側アクチュエータM1の応答特性、同図

(B)は微動側アクチュエータM2の応答特性、同図

(C)は先端位置の応答特性を示す図である。図7

(B)に示すように、微動側アクチュエータM2は相対的に大きく動いていることが分かる(可動範囲が大きい)。先端位置の応答特性は、微動側アクチュエータM2の可動範囲に依存するが、同図(C)に示す応答特性を得るように微動側アクチュエータM2を構成することは通常では困難である。

【0020】この図7(A)～(C)から明白であるように、そのまま目標位置を制御系に与えても、先端位置を目標位置まで移動する動作は、帯域の広い微動側アクチュエータM2の制御系の働きに依存しているのが分かる。移動距離が微動側アクチュエータM2のダイナミックレンジの範囲内に収まっているのならば差し支えないが、そのダイナミックレンジの範囲を越えるような場合は正常な応答は不可能となる。最悪の場合には、微動側アクチュエータM2を破壊するおそれがある。

【0021】以下、図1を参照して本実施形態のシーク制御系に適用した位置決め制御システムについて説明する。

(本実施形態のシーク制御系)本実施形態は、図1に示すように、2自由度機構によるシーク制御系であり、粗動側アクチュエータと微動側アクチュエータとの質量比が十分に大きいことを想定している。粗動側アクチュエータの制御系は、粗動制御器C2とVCM等のアクチュエータP2からなる。また、微動側アクチュエータの制御系は、微動制御器C1と圧電素子を使用したアクチュエータP1からなる。

【0022】規範モデル系は、例えばサーボライタ等の装置内部に設けられたマイクロプロセッサの演算処理により実現される制御系であり、モデルアクチュエータPmとモデル制御器Cmとから構成されている。規範モデル系は、目標位置(停止位置)Rを入力として、目標軌道Ymを粗動側アクチュエータと微動側アクチュエータ

の各制御系に出力する。

【0023】モデルアクチュエータPmは、粗動側アクチュエータの特性を理想的な $1/S^2$ とする。また、モデル制御器Cmは、先端位置Yが所望とする応答特性を示すように設定される。モデル制御器Cmの設計方法としては、線形制御系では状態フィードバックによる極配置、LQ最適制御、 H_2 最適制御、非線形制御ではスライディングモード制御等がある。

【0024】一方、粗動側アクチュエータと微動側アクチュエータの各制御系としては、モデルアクチュエータPmの応答Ymが目標軌道Ymとして入力される。さらに、粗動側アクチュエータには、モデル制御器Cmの出力Rcが粗動制御器C2の出力に加算されて、アクチュエータP2の制御入力となる。このような構成により、粗動側アクチュエータの制御器C2は、実際の粗動側アクチュエータP2と規範モデルとの誤差e2と制御系に加わる外乱d2を吸収するように働く。しかし、粗動側アクチュエータの制御系の帯域は、アクチュエータP2の共振により広げることができないので、完全にはモデル誤差e2と外乱d2を吸収することはできない。このため、粗動側アクチュエータの制御系だけでは、規範モデル系の目標軌道Ymと先端位置Yの応答波形を一致させることができない。

【0025】そこで、本実施形態では、微動側アクチュエータの制御器C1により制御帯域の広い制御系を構成し、目標軌道Ymと先端位置Yとの誤差e1を吸収するようにする。

【0026】以上のように本実施形態によれば、粗動側アクチュエータの制御系は、微動側アクチュエータのアクチュエータP1のダイナミックレンジの範囲内に収まるだけの誤差を持って目標軌道Ymに追従できれば、目標軌道Ymと先端位置Yの差を吸収するために微動側のアクチュエータP1は大きく動く必要がなく、微動側のアクチュエータP1の動きによって目標軌道Ymと先端位置Yとの誤差を吸収することができる。図2は本実施形態の制御系の応答特性をシミュレーションによる結果として示す。なお、規範モデル系のモデル制御器Cmとして、スライディングモード制御方法を採用している。ここで、図2(A)は粗動側アクチュエータの制御系の応答特性を示し、同図(B)は微動側アクチュエータの制御系の応答特性を示し、同図(C)は先端位置Yの応答波形と規範モデルの出力Ymを示す。

【0027】図2(A)に示すように、粗動側アクチュエータの制御帯域が低いため、モデル誤差e2を完全に吸収することができず、規範モデル系の出力Ymと粗動側の応答波形(アクチュエータP1の出力Ac)に誤差が発生している。ここで、微動側のアクチュエータの制御系は、同図(B)に示すように動作し、その誤差e1を吸収する。従って、同図(C)に示すように、先端位置Yと規範モデルの応答は一致することになる。このと

き、微動側のアクチュエータは十分小さい範囲でしか動いていない。

(本実施形態の変形例) 本実施形態の変形例として、粗動側アクチュエータの応答波形のオーバーシュートとアンダーシュートが、微動側アクチュエータの可動範囲内に納まるように粗動側アクチュエータの制御系を構成する方法でもよい。制御系の具体的設計方法については、前述のように様々な方法がある。

【0028】この変形例では、先端位置を目標位置まで移動させるときに、粗動側アクチュエータによる粗動の位置と目標位置との誤差が、微動側アクチュエータの可動範囲より大きいときは、微動側アクチュエータによる制御は実行しない。そして、粗動側のアクチュエータの位置と目標位置との誤差が微動側アクチュエータの可動範囲よりも小さくなったときに、微動側アクチュエータの制御を開始する。

【0029】前述したように、微動側アクチュエータの制御帯域は粗動側の制御帯域に対して高いので、微動側のアクチュエータの動きにより先端位置はすばやく目標位置に到達することができる。即ち、粗動側アクチュエータのセトリングを待つことなく、先端位置のセトリングを完了させることができることになる。図3は、本変形例の制御系の応答特性をシミュレーションによる結果として示す。同図(A)は先端位置の応答波形であり、同図(B)は微動側アクチュエータの応答特性(動作)である。図3から明白なように、微動側アクチュエータを大きく動かすことなく、先端位置を目標位置にすばやく到達させることができていることが分かる。

【0030】以上のように本実施形態によれば、2自由度機構を使用したシーク制御系において、粗動側アクチュエータの制御系は、規範モデルと実際の制御対象との誤差と制御系に加わる外乱を吸収するように作用する。そして、粗動側のアクチュエータの制御系により吸収できない規範モデル出力との誤差を、制御帯域の高い微動側アクチュエータの制御系により吸収する。この結果として、微動側アクチュエータ、大きく動かすことなく、規範モデルの応答特性に一致する先端位置の応答波形を得ることができる。従って、本実施形態を例えばHDDを製造するためのサーボライタのシーク制御装置に適用した場合に、サーボ情報をディスク上に書き込むためのヘッドを目標位置(目標トラック)まで高速かつ高精度に移動させることができる。なお、HDDの制御系では、シーク制御の後に、従来のように制御系を切替えることなく、ヘッドを目標位置にセトリングするための位置制御(トラック追従制御)が実行される。

【0031】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、2自由度機構による高精度位置決め制御系において、粗動側アクチュエータの制御系では吸収できない規範モデル出力との誤差と制御系に加わる外乱を微動側の制御帯域

の広い制御系によって吸収することにより、微動側のアクチュエータの可動範囲を越すことなく、先端位置を目標とする位置に高速に移動させることが可能となる。従って、2自由度機構を使用した位置決め制御系を、特にHDD自体やサーボライタ等のシーク制御、即ちヘッドを目標位置まで移動制御するシステムに適用すれば、高速かつ高精度のシーク制（送り制御または速度制御）を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に関する位置決め制御システムをシーク制御系に適用した構成を示すブロック図。

【図2】本実施形態に関する粗動側アクチュエータ、微動側アクチュエータ、および先端位置の各応答特性を示す図。

【図3】本実施形態の変形例に関する先端位置と微動側アクチュエータの応答特性を示す図。

【図4】本実施形態に関する2自由度機構を使用した

制御系の原理を説明するためのブロック図。

【図5】本実施形態に関する粗動側アクチュエータの制御系のオープンループ特性を示す図。

【図6】本実施形態に関する微動側アクチュエータの制御系のオープンループ特性を示す図。

【図7】本実施形態に関する粗動側アクチュエータ、微動側アクチュエータ、および先端位置の各応答特性を示す図。

【図8】本実施形態に関する2自由度機構を使用した位置決め制御システムのモデルを示す概念図。

【符号の説明】

P1…微動側アクチュエータ

P2…粗動側アクチュエータ

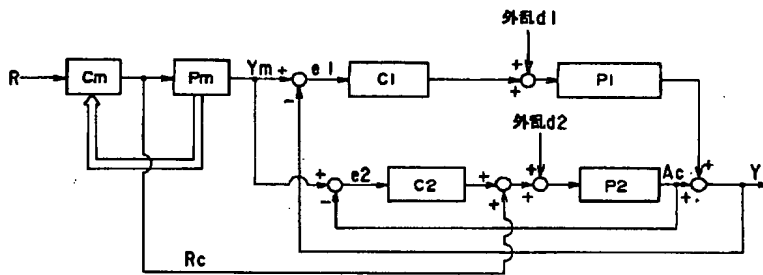
C1…微動側制御器

C2…粗動側制御器

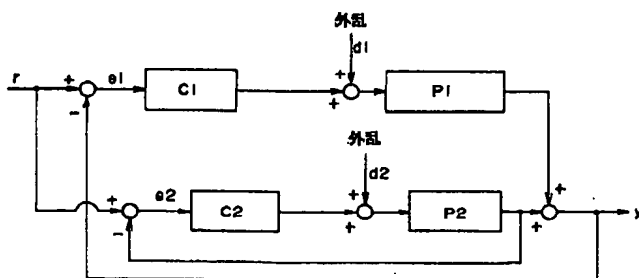
Cm…規範モデル系の制御器

Pm…規範モデル系のアクチュエータ

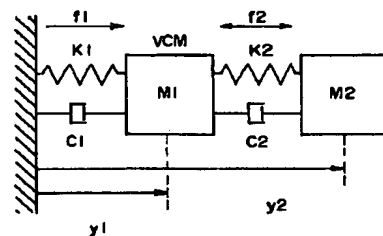
【図1】



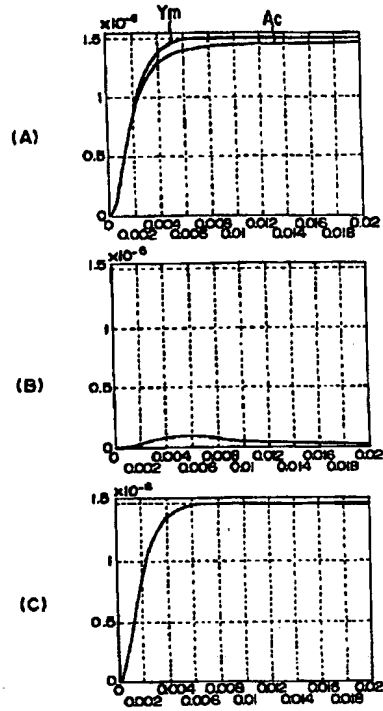
【図4】



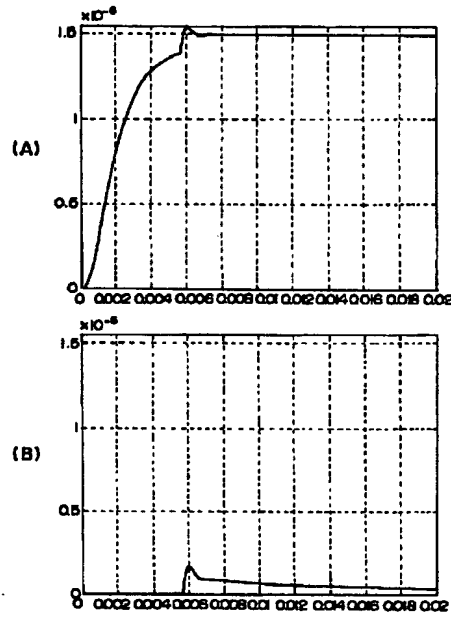
【図8】



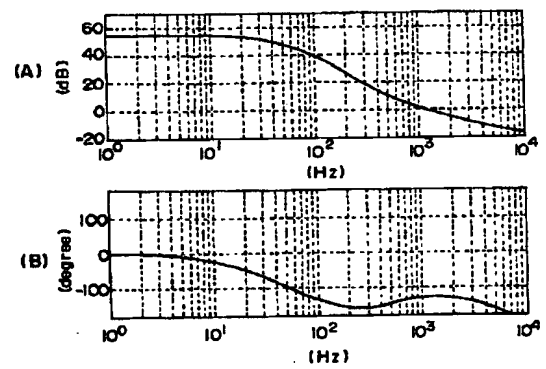
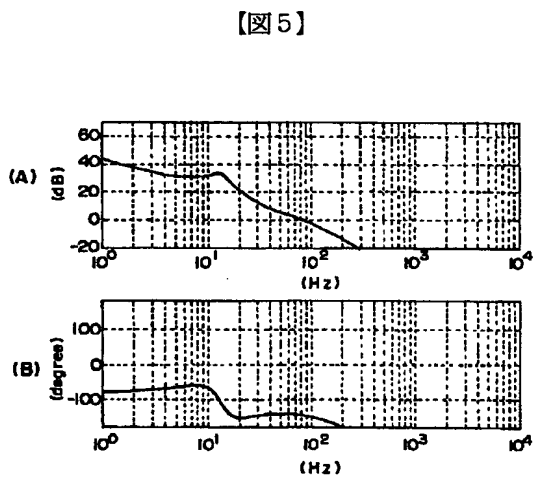
【図2】



【図3】



【図6】



【図7】

